



MANUALE TECNICO

"LA FILTRAZIONE"



LA FILTRAZIONE

Introduzione

Meccanismi di filtrazione

1. Impatto inerziale
2. Intercettazione per diffusione
3. Intercettazione diretta
4. Rilascio di particelle in condizioni di flusso pulsante
5. Metodi per incrementare l'efficacia di filtrazione nei liquidi
 - A. Deposizione elettrostatica
 - B. Flocculazione
 - C. Coadiuvanti di filtrazione

Tipi di filtri

1. Setti filtranti a pori deformabili
2. Setti filtranti a struttura fissa non deformabile
3. Classificazione dei tipi di filtri

Poteri di ritenzione

1. Potere di ritenzione nominale
2. Potere di ritenzione assoluto
3. Test con sferette di vetro
4. Metodo del rapporto Beta

Scelta del filtro appropriato

1. Natura del fluido
2. Portata
3. Temperatura
4. Perdita di carico
5. Superficie filtrante
6. Volume vuoto
7. Grado di filtrazione
8. Prefiltrazione

Introduzione

I filtri hanno un ruolo importante in qualsiasi settore industriale.

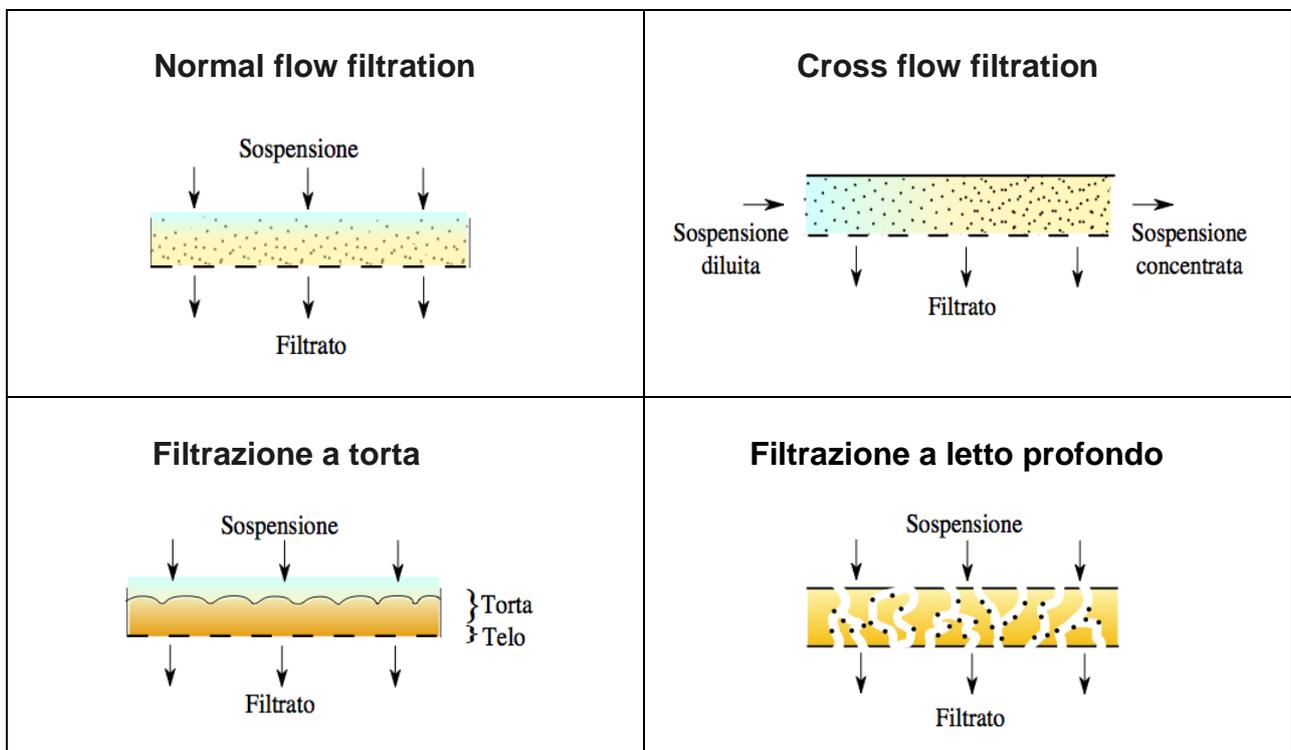
Filtrare significa separare particelle da un fluido (liquido, gas o vapore) tramite il passaggio del fluido stesso attraverso il setto permeabile.

Si definisce setto permeabile un materiale provvisto di fori o pori, attraverso i quali possono passare i fluidi.

Quando le particelle rappresentano una parte significativa del fluido, il processo può essere indicato come raccolta di solidi. Quando le particelle rappresentano soltanto una piccolissima parte del totale (0,01% o meno) il processo viene denominato chiarificazione del fluido.

La filtrazione può avvenire secondo i seguenti modi:

- **normal flow filtration:** la sospensione da filtrare passa attraverso il filtro in direzione normale (cioè perpendicolare) alla superficie del setto filtrante;
- **cross flow filtration:** il flusso della sospensione da trattare è parallelo alla superficie del setto filtrante;
- **filtrazione a torta** (in inglese *cake filtration*): il flusso della sospensione da filtrare passa attraverso una *torta* (in inglese *cake*), costituita dal solido da separare che col procedere dell'operazione si deposita sul setto; la torta viene sostenuta da un *telo* (ad esempio una griglia metallica o un tessuto), i cui pori hanno diametro maggiore delle particelle da filtrare, in quanto il mezzo filtrante è in questo caso la torta, mentre il telo ha esclusivamente funzione di sostegno;
- **filtrazione a letto profondo** (in inglese *deep bed filtration*): le particelle solide vengono trattenute all'interno del setto filtrante, per cui tranne in rari casi (ad esempio nel [filtro a sabbia](#)) non è possibile il recupero del solido a fine filtrazione, per cui appena il filtro si è [saturato](#), va smaltito e sostituito.



Nei cosiddetti filtri a torta la forza fluidomotrice è data dalla differenza di [pressione](#) che sussiste tra le due facce del mezzo filtrante, mentre le resistenze incontrate dal fluido derivano dalla resistenza intrinseca del setto filtrante (o *telo*) e dalla resistenza della cosiddetta torta.

In altri tipi di filtro, la resistenza è invece dovuta alle [perdite di carico](#) del solo setto

passante, in quanto la torta è assente (o di spessore trascurabile).

I fattori principali che influenzano la velocità di filtrazione sono:

- 1 le **perdite di carico** subite dal filtrato quando attraversa il mezzo;
- 2 l'**area** totale della superficie filtrante;
- 3 la **viscosità** del filtrato;
- 4 le caratteristiche della torta formatasi (nel caso di filtri a torta).

La differenza di pressione tra le due facce del mezzo filtrante può essere ottenuta in due modi:

- nei **filtri in depressione**, si impone una pressione *a monte* del filtro pari alla pressione atmosferica e una pressione *a valle* del filtro minore della pressione atmosferica.
- nei **filtri in pressione**, si impone una pressione *a valle* del filtro pari alla pressione atmosferica e una pressione *a monte* del filtro maggiore della pressione atmosferica.

Siccome all'aumentare della differenza di pressione aumenta la velocità di filtrazione, il secondo metodo, per il quale si possono avere differenze di pressioni maggiori di 1 atm, sarebbe in teoria da preferire; nella pratica però bisogna anche considerare che per prelevare il prodotto da un filtro in pressione sarebbe necessario installare una pompa, e questo farebbe crescere i costi dell'impianto. Per questi motivi, in genere si utilizzano filtri in pressione per le operazioni in discontinuo (**batch**), mentre i filtri in depressione vengono utilizzati per operazioni in continuo.

La filtrazione ha una propria unità: il micron.

Un micrometro (micron) è la millesima parte del millimetro e il suo simbolo nell'SMI (Sistema Metrico Internazionale) è μm .

Meccanismi di filtrazione

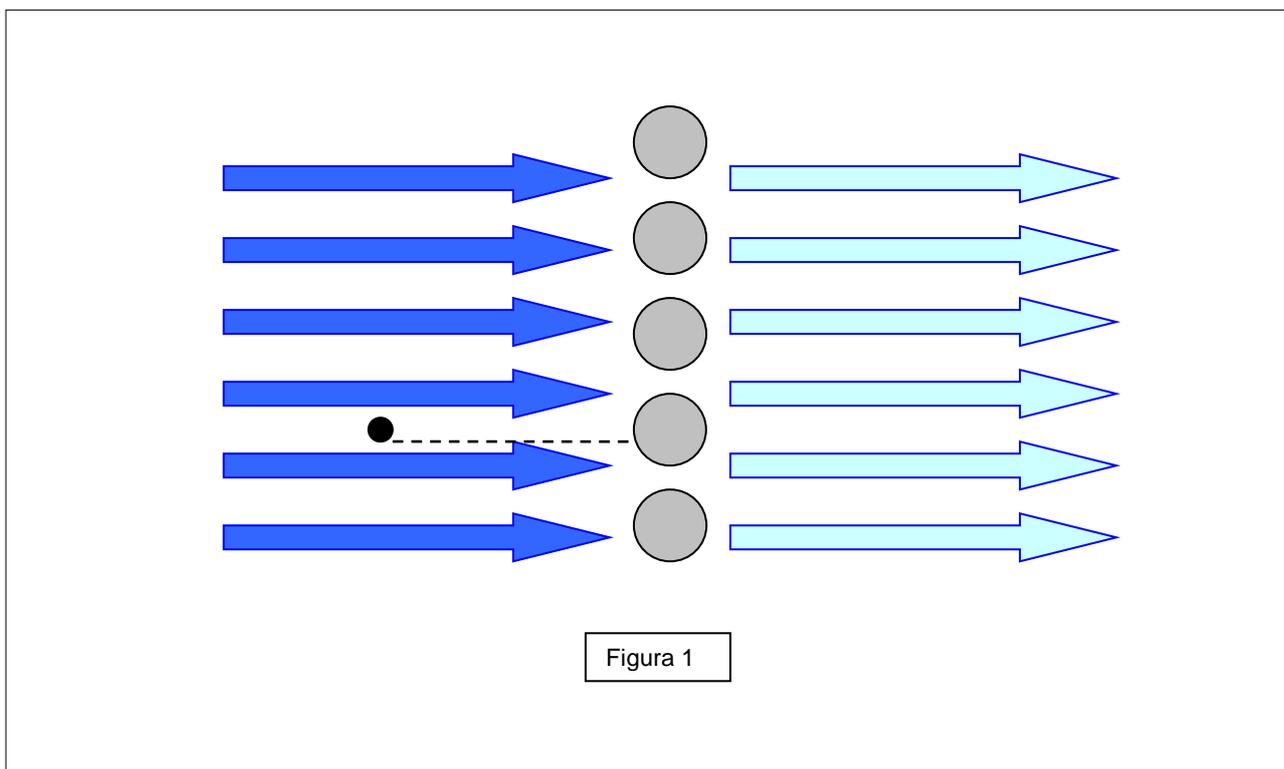
I solidi sospesi vengono separati dai fluidi per mezzo di tre meccanismi:

- impatto inerziale
- intercettazione per diffusione
- intercettazione diretta.

Il peso relativo ed il ruolo di ciascuno dei tre meccanismi varia a seconda del tipo di filtro e del tipo di fluido.

1. **Impatto inerziale**

Le particelle dotate di massa in una corrente fluida in movimento hanno una velocità e quindi ad esse è associata una quantità di moto. Quando il liquido, e le particelle in esso sospese, sono forzati a passare attraverso un setto filtrante, il liquido tende a fluire secondo il percorso di minore resistenza, corrispondente al passaggio attraverso i pori. Le particelle invece, a causa della loro quantità di moto, tenderanno a procedere in linea retta e, come conseguenza, ad impattare sulla superficie piena del setto. Questo meccanismo è illustrato in Fig. 1.



Nell'esempio di Fig. 1 la corrente fluida indicata con linee continue nere fluisce attorno alle fibre del filtro, mentre le particelle tendono a mantenere la loro direzione, indicata con linee tratteggiate blu, ed impattano sulle fibre. Generalmente, la tendenza a conservare la direzione del moto è più accentuata nelle particelle di dimensioni maggiori rispetto a quelle più fini, che invece tendono a seguire il flusso del fluido.

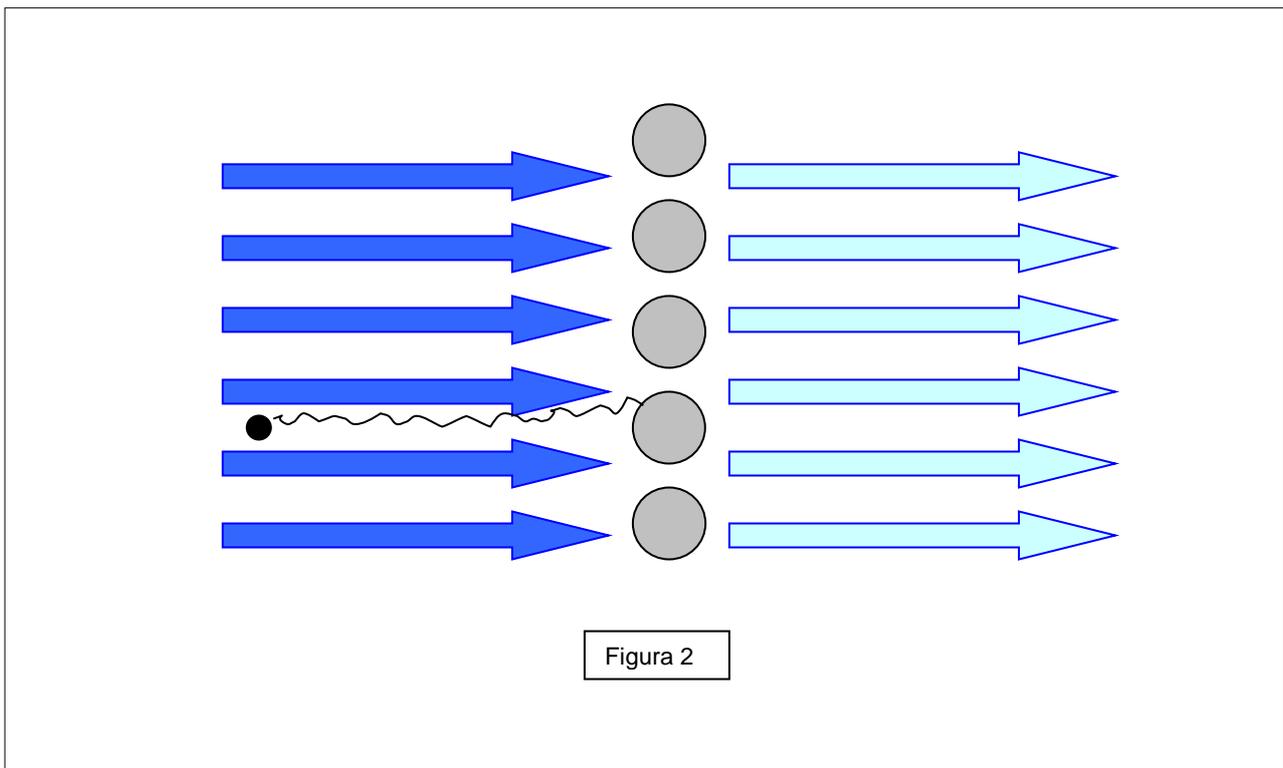
Laddove la differenza di peso specifico tra particelle e fluido è molto bassa, la deviazione dalla linea di flusso fluida è molto inferiore, per cui l'impatto inerziale gioca un ruolo relativamente modesto come meccanismo di filtrazione.

2. Intercettazione per diffusione

Per le particelle molto piccole (cioè quelle con massa molto piccola), il trattenimento può essere il risultato dell'intercettazione per diffusione. In questo meccanismo, le particelle in sospensione si muovono in modo disordinato nell'ambito delle linee di flusso del fluido.

Tale movimento, che può essere osservato al microscopio, ed è noto come "moto browniano", fa deviare queste particelle più piccole dalle linee di flusso del fluido aumentandone le probabilità d'urto sulla superficie piena del setto e, quindi della loro rimozione. Nell'esempio di Fig. 2 il percorso della particella caratterizzata dal moto browniano ed il suo impatto sulle fibre del setto sono evidenziati con linea blu.

L'intercettazione per diffusione ha un ruolo minoritario nella filtrazione dei liquidi, ma ha un peso significativo in quella dei gas.



3. Intercettazione diretta

Mentre l'impatto inerziale e l'intercettazione per diffusione non sono altrettanto efficaci nel trattamento dei liquidi come in quello dei gas, l'intercettazione diretta è ugualmente efficace in entrambi i casi ed è il meccanismo più adatto per la separazione meccanica delle particelle dai liquidi. In un setto filtrante occorre fare riferimento non alla singola fibra, ma piuttosto all'insieme di un gran numero di tali fibre. Queste definiscono le dimensioni dei pori attraverso i quali passa il fluido. Se le particelle nel fluido sono più grandi di tali pori, esse verranno trattenute sulla superficie come risultato dell'intercettazione diretta. La Fig. 3 illustra questo meccanismo di ritenzione.

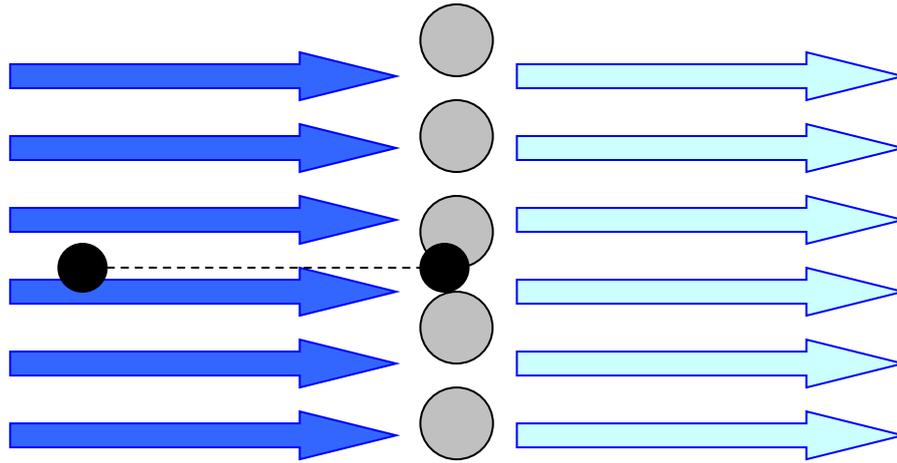


Figura 3

Il meccanismo dell'intercettazione diretta è facilmente comprensibile nel caso di un filtro costituito da un setto a maglie con pori di dimensioni uniformi e di piccolissimo spessore o profondità. Una volta che una particella sia passata attraverso un poro, essa dovrebbe procedere a valle senza ulteriori ostacoli. In realtà, questo tipo di filtro raccoglie anche una quantità significativa di particelle il cui diametro è più piccolo di quello dei pori del setto filtrante. I fattori che concorrono a questa cattura di particelle sono molti e vengono illustrati nella Fig. 4 ed elencati qui di seguito.

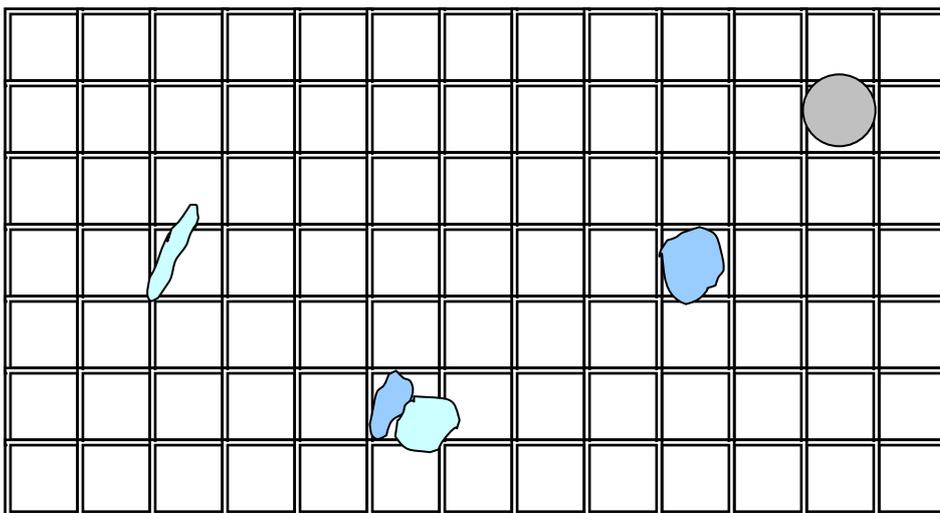


Figura 4

- in pratica la maggior parte delle particelle in sospensione, anche se molto piccole viste da determinate angolazioni, sono di forma molto irregolare, per cui possono “mettersi di traverso” rispetto ad un poro ed essere bloccate tramite il cosiddetto “effetto ponte”
- un tale “effetto ponte” può prodursi anche quando due o più particelle colpiscono contemporaneamente un poro
- quando una particella è stata fermata in un poro, quel poro viene parzialmente occluso e, di conseguenza, potrà separare dal flusso liquido anche particelle più piccole
- interazioni particolari di carattere superficiale possono far sì che particelle più piccole del diametro dei pori possano aderire alla superficie interna dei pori stessi. Ciò avviene quando particella e superficie interna del poro sono dotate di cariche elettrostatiche di polarità opposte. Sono altresì possibili interazioni di tipo diverso quali il “legame idrogeno” o le forze di Van der Waals.

L'intercettazione diretta può esplicarsi anche in filtri nei quali la porosità non è uniforme ma varia – entro limiti ben controllati – lungo lo spessore del setto filtrante.

4. Rilascio di particelle in condizioni di flusso pulsante

Si è visto che vi sono numerosi modi con cui un filtro può catturare le particelle. In certe condizioni, se il filtro è scadente, una parte di queste possono staccarsi e passare a valle. Per esempio, se un filtro a maglia di rete flessibile ha raccolto particelle in condizioni di flusso costante a bassa velocità e la velocità di flusso viene sensibilmente aumentata, alcune di queste particelle probabilmente si staccheranno e verranno portate a valle. Per quantificare, questo distacco, possono essere deliberatamente provocati “impulsi” delle condizioni di flusso (cioè rapide variazioni di portata e pressione) e le particelle così distaccate possono essere raccolte a valle, tramite un filtro più fine, per il conteggio e l'analisi.

Anche se l'aumento di pressione è graduale e non molto elevato, è probabile che il distacco delle particelle si verifichi ugualmente se la struttura del setto è tale da permettere l'allargamento dei pori. I filtri in commercio inclini a questo tipo di malfunzionamento, noto come “scarico”, sono costituiti da numerose fibre non rigidamente legate che si deformano quando sottoposte ad un aumento di pressione.

Per concludere, sia l'impatto inerziale che l'intercettazione per diffusione sono molto meno efficaci con i liquidi che con i gas. Poiché il peso specifico di una particella è tipicamente più vicino a quello di un liquido che non a quello di un gas, le particelle in sospensione tenderanno a seguire la linea di flusso del liquido e pertanto sarà molto bassa la probabilità di “impatto” sulla struttura del setto filtrante. Inoltre, in molti sistemi, l'impatto inerziale non è seguito da un trattenimento effettivo delle particelle sulla superficie del filtro.

L'intercettazione per diffusione nei liquidi si verifica in misura molto limitata poiché il moto browniano non è così pronunciato come nelle sospensioni gassose.

In un filtro ben progettato, le particelle di dimensioni maggiori di quelle dei pori non passano a valle del setto. La minimizzazione del rilascio di particelle viene ottenuta usando un setto filtrante i cui pori non si allarghino sotto l'effetto della pressione ed il cui spessore sia tale che, in condizioni di servizio normale, tutte le particelle siano sostanzialmente raccolte nel primo 10 – 20% dell'intero spessore.

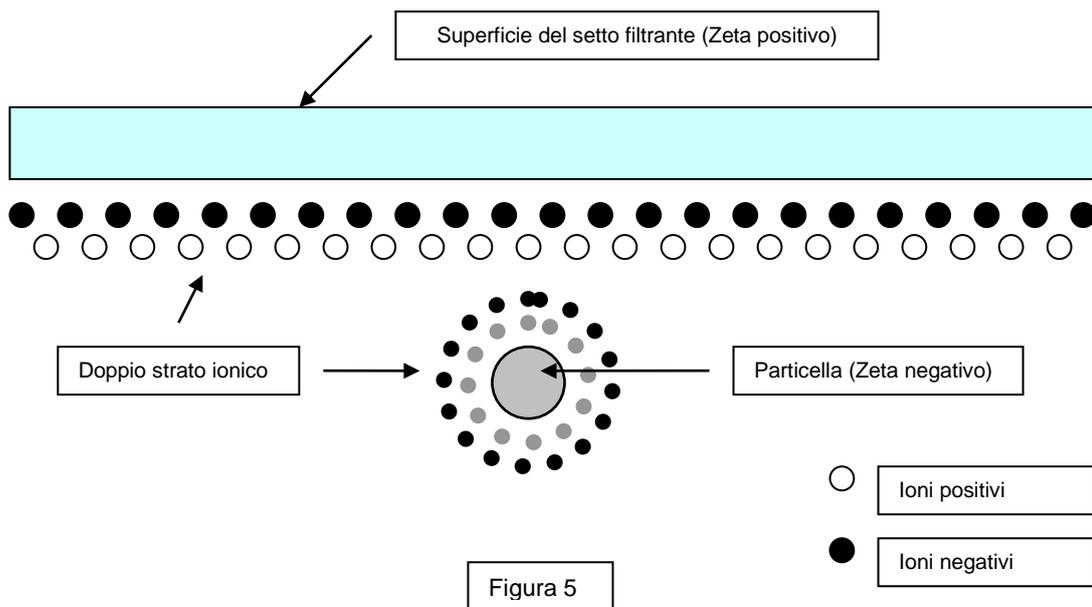
5. Metodi per incrementare l'efficacia di filtrazione nei liquidi

E' possibile aumentare l'efficacia di un filtro nella rimozione di particelle da un liquido usando alcuni metodi che vengono brevemente descritti di seguito.

A. Deposizione elettrostatica

La maggior parte delle particelle sono dotate di carica elettrica negativa. I setti filtranti sono spesso caricati elettricamente in modo tale da influenzare l'efficacia e l'efficienza di ritenzione del filtro. E' quindi possibile accrescere la capacità di cattura delle particelle da parte del filtro inducendo su di esso una conveniente carica elettrica (generalmente positiva). Le polveri di prova standard sono di provenienza naturale dell'Arizona e sono denominate come "AC Fine" e "AC Corse Test Dust". Il tipo "AC Fine Test Dust" (ACFTD) è comunemente usato per determinare il potere di ritenzione nominale dei filtri di porosità inferiore a 50 micron, mentre per porosità maggiori si usa l'"AC Corse Test Dust" (ACCTD).

La Fig. 5 illustra una tipica interazione particella-fibra basata sulla differenza del potenziale Zeta. Il potenziale Zeta di un filtro è il valore della differenza di potenziale elettrico tra la superficie del filtro ed il liquido che lo bagna.



La particella ha associata una carica superficiale globale negativa risultante da un doppio strato ionico che si forma sulla superficie della particella stessa. I cerchietti chiari sono ioni negativi. Il setto filtrante ha un potenziale Zeta positivo che può quindi favorire la rimozione delle particelle.

E' importante l'intensità della carica elettrica, sia della particella che della fibra. In generale, al crescere dell'intensità di carica ed al diminuire della dimensione della particella, aumenta l'efficienza di trattenimento. L'ovvio beneficio di una superficie filtrante caricata è la capacità di rimuovere particelle di dimensioni molto piccole da parte di un setto filtrante con pori relativamente grandi, con bassa perdita di carico ed elevata capacità di trattenimento del contaminante.

B. Flocculazione

Le particelle molto fini sono difficili da filtrare. Un modo per accrescerne la filtrabilità è quello di farle flocculare in particelle più grandi, ovviamente più facili da filtrare o che possono essere addirittura eliminate dalla sospensione mediante drenaggio prima di filtrare la sospensione, con ovvi benefici sulla vita in esercizio degli elementi filtranti. Esse producono una "torta" sulla superficie del setto senza provocare aumenti di perdita di carico e conseguente diminuzione di portata. Per la flocculazione delle particelle si aggiungono normalmente al liquido dei polielettroliti (molecole a catena lunga con molti gruppi ionici caricati negativamente e positivamente).

I polielettroliti (es.: amidi solubili, gelatina e derivati dei poliacrilati) si legano a molte particelle di carica opposta presenti nel liquido, provocando la loro aggregazione ed aumentandone la velocità di sedimentazione.

Essi devono essere scelti empiricamente per ogni diverso fluido da trattare. La Fig. 6 riassume il processo base di flocculazione

Uso dei polielettroliti. Essi sono grandi molecole con gruppi ionici multipli di carica diversa da quella del potenziale Zeta delle particelle, in grado di legarle per formare aggregati.

TIPO	STRUTTURA
CATIONICO	$(-CH_2)_n$ $\oplus N(R)_3$
ANIONICO	$(-CH_2)_n$ C / \ O O - - ⊖
NON IONICO	Entrambi i tipi di carica con conseguente carica totale nulla

Figura 6

In pratica il polielettrolita viene preventivamente disciolto e quindi aggiunto in piccole porzioni al liquido contenente la sospensione di solidi da flocculare.

L'agitazione dev'essere ottimizzata per la dispersione del polielettrolita, evitando però la rottura dei fiocchi.

Un'agitazione prolungata può diminuire la flocculazione ed aumentare la quantità di intorbidamento presente. Per convogliare il materiale flocculato verso il filtro, senza causare deflocculazione, sono da preferire l'aria compressa o idonee pompe che non rompano il flocculo. Anche la ricircolazione della sospensione è da evitarsi per la stessa ragione.

Se il polielettrolita possa o meno essere usato in un processo di filtrazione dipende dal beneficio risultante, dal costo e da eventuali effetti adulteranti.

C. Coadiuvanti di filtrazione

La rimozione delle particelle fini da un liquido può essere anche migliorata aggiungendo alla sospensione piccole quantità di coadiuvanti.

Tale tecnica, meglio conosciuta come “body feed” (alimentazione continua del coadiuvante alla torbida da filtrare a mezzo pompa dosatrice) o “body aid” (miscelazione diretta del coadiuvante nella torbida da filtrare), non deve essere confusa con la filtrazione pre-coat (o pre-rivestimento), dove il coadiuvante di filtrazione viene in primo luogo depositato su un filtro, inviando successivamente la sospensione attraverso lo stesso. L'impiego del filteraid è quello di ottenere una torta di spessore crescente ma con permeabilità costante, necessaria in molti casi quali ad esempio nei torbidi flocculati. Questa tecnica di filtrazione è quindi particolarmente adatta per sospensioni con percentuali di contaminante elevate e per contaminanti di natura colloidale o gelatinosa.

Forse il coadiuvante di filtrazione più comunemente usato è la diomite, che è costituita da depositi sedimentari di diatomee fossili. Gli scheletri delle diatomee hanno un'ampia varietà di forme ed è questa proprietà che permette loro di produrre “torte” ad alta permeabilità. Altri coadiuvanti di filtrazione sono la perlite (silicoalluminato ottenuto con speciale trattamento termico di rocce vulcaniche), il carbone e la cellulosa.

La filtrazione con coadiuvanti non è di uso comune nella chiarificazione dei fluidi ma, se usata, viene spesso utilizzata a monte della filtrazione a cartuccia. In tal caso i filtri a cartuccia sono usati sia come filtri “trappola” a valle di filtri a pre-coat per catturare ogni coadiuvante che possa essere rilasciato dal mezzo filtrante, sia per ottenere un grado di filtrazione adeguato al processo.

Tipi di filtri

In tempi recenti è diventato sempre più d'uso comune classificare i filtri ed i setti filtranti come "di profondità" o "di superficie". Sfortunatamente, i fabbricanti di filtri non sono riusciti ad accordarsi su una definizione "ufficiale" della terminologia: il risultato è molta confusione in materia. Scopo di quanto segue è di scindere su questo argomento, la realtà della mistificazione.

1. Setti filtranti a pori deformabili

I meccanismi di filtrazione che predominano nei setti filtranti a pori deformabili sono l'impatto inerziale e/o l'intercettazione per diffusione. Secondo tali meccanismi le particelle vengono intrappolate all'interno della struttura dei setti filtranti. Esempi tipici sono i feltri, i filati intrecciati, i cartoni d'amianto e le fibre di vetro impregnate. Questi filtri devono avere uno spessore sufficiente per intrappolare le particelle ed inoltre le loro prestazioni sono soltanto di tipo statistico.

Come anticipato, il distacco delle particelle raccolte è tanto più probabile quanto più la struttura del filtro tende a deformarsi sotto l'azione dell'aumento della perdita di carico. Ogni tipo di filtro può raccogliere particelle più piccole dei suoi pori, ma la probabilità che poi queste particelle si stacchino in condizioni di flusso pulsante aumenta laddove i pori del filtro possono allargarsi.

I setti filtranti a pori deformabili presentano una grande varietà nella dimensione dei pori. Ovviamente il fluido tenderà ad occludere abbastanza rapidamente quelli piccoli, scegliendo come percorsi preferenziali quelli maggiori, con conseguente riduzione della superficie filtrante effettiva, aumento della perdita di carico, ulteriore allargamento per deformazione dei pori e diminuzione, infine, dell'efficacia di filtrazione.

Questo fenomeno è noto come "canalizzazione".

Un'ulteriore limitazione di questi filtri va sotto il nome di "scarico". Le particelle infatti, come anticipato, possono essere trattenute sul filtro per interazioni di carattere superficiale sulle particelle stesse. Questo equilibrio non viene turbato fino a che il fluido non supera determinati valori di portata e non ha andamenti pulsanti. In questi casi le particelle vengono rimosse in quanto vengono esercitate su di esse forze con una componente nella direzione del flusso superiore alla forza di attrazione: il risultato è una contaminazione del filtrato. Questo fenomeno dello "scarico" si verifica dopo un certo periodo d'uso del filtro, che deve quindi essere tenuto sotto controllo per la conseguente sostituzione.

Inoltre, la maggior parte dei filtri a pori deformabili sono soggetti alla migrazione del setto. Ciò significa che parti del setto filtrante si staccano e passano a valle contaminando il filtrato. Nel fenomeno della migrazione del setto viene a volte incluso, a torto, il rilascio di contaminazione "incorporata" durante la fabbricazione dell'elemento filtrante. E' obbligo del costruttore dell'elemento di fornire all'utilizzatore le procedure di prelavaggio, qualora esista questo potenziale rischio.

Attualmente, fanno parte della categoria dei setti filtranti a pori deformabili le cartucce filtrante a filo avvolto (modello FA) e i filtri a sabbia.

Le cartucce filtranti in filo avvolto sono prodotte intrecciando un filo di polipropilene, cotone o nylon.

La capacità di trattenimento di queste cartucce è determinata dalla trama dell'intreccio del filo e dalla tensione dello stesso.



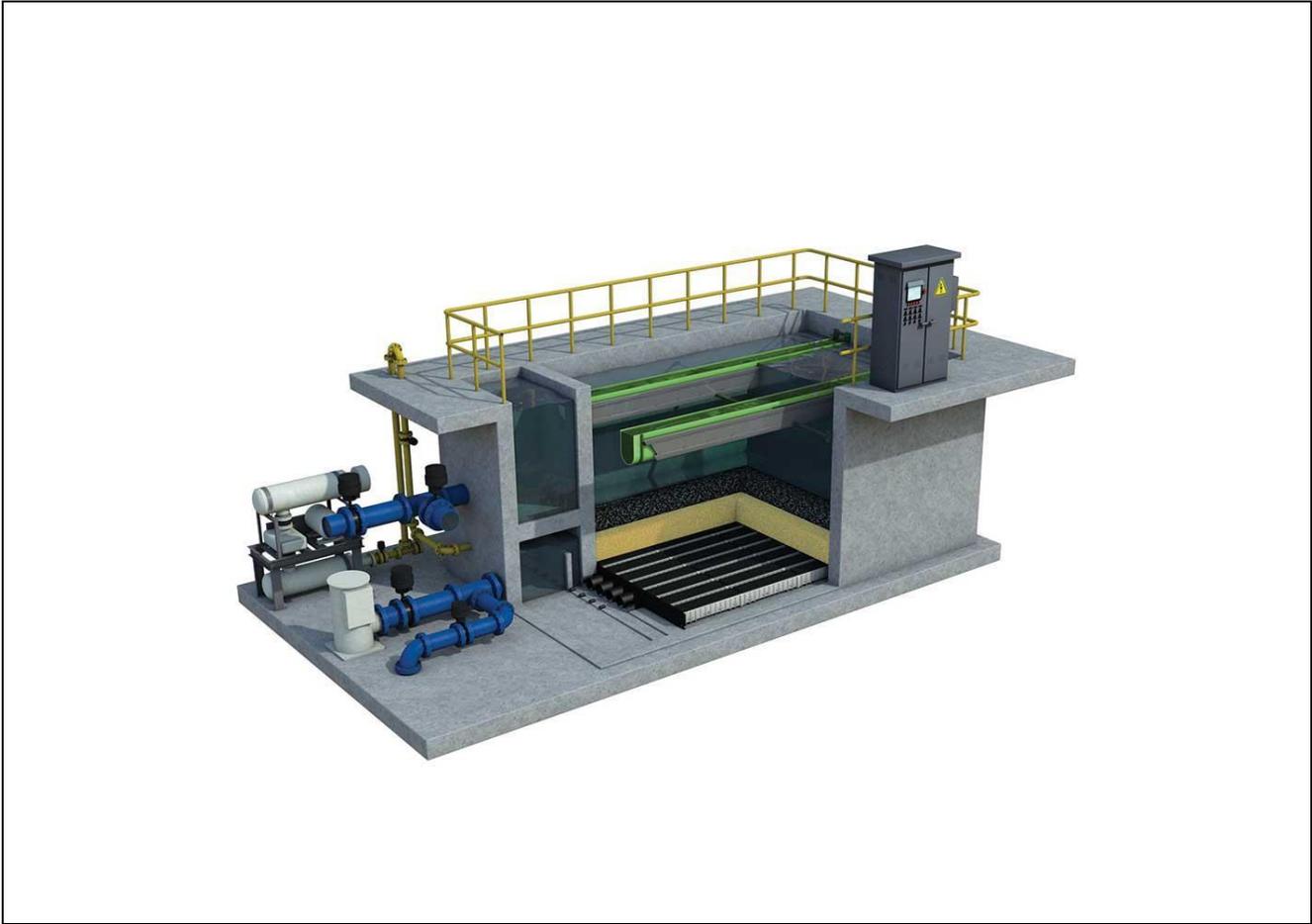
Cartucce filtranti a filo avvolto

I filtri a sabbia possono essere annoverati nei setti filtranti a pori deformabili poiché la loro struttura non è rigida ma “mobile” e la loro efficienza variabile a seconda delle diverse condizioni di esercizio.

Esistono tre tipi di filtri a sabbia:

- filtri a sabbia a gravità
- filtri a sabbia a letto flottante (DYNASAND)
- filtri a sabbia in pressione

Le descrizioni complete di tutti e tre i tipi di filtri a sabbia sono riportate nel manuale: “**I filtri a sabbia**”.



Filtro a sabbia gravità



Filtro a sabbia a letto flottante DYNASAND



Filtro a sabbia in pressione

2. Setti filtranti a struttura fissa non deformabile

I filtri a pori non deformabili sono costituiti da setti filtranti a singolo o multistrato. Il meccanismo di filtrazione predominante è l'intercettazione diretta: tali filtri sono costruiti in modo tale che le parti strutturali del setto filtrante non si possano deformare per effetto della portata o della pressione. Essi possono trattenere particelle anche per assorbimento come risultato dell'impatto inerziale e dell'intercettazione per diffusione.

Anche se questi filtri presentano sulla loro superficie pori con diametro superiore al loro potere di ritenzione, la loro curva gaussiana di distribuzione è molto stretta ed è "centrata" sul potere di ritenzione che li qualifica. Ciò viene ottenuto mediante procedure di fabbricazione e controllo adeguate, per cui può essere garantita la rimozione quantitativa delle particelle più grandi del valore di ritenzione dichiarato per quel determinato setto filtrante.

Le particelle più piccole, trattenute per "effetto ponte", possono essere "scaricate" in condizioni di flusso pulsante, ma questo fenomeno può essere minimizzato aumentando adeguatamente lo spessore del setto.

I filtri a pori non deformabili sono anche denominati filtri di superficie o tipo setaccio, in quanto trattengono sulla loro superficie le particelle separate del fluido con il meccanismo dell'intercettazione diretta. In realtà solo pochi tra i filtri oggi sul mercato hanno una struttura semplice tipo maglia-setaccio, avendo la maggior parte invece strutture molto più complesse.

Ovviamente, i filtri di superficie o tipo setaccio sono in grado di trattenere tutte le particelle con diametro superiore a quello del poro più largo (sempre che la struttura del setto sia integra). Le particelle più piccole possono essere trattenute per effetto dei fattori esposti precedentemente (effetto ponte ecc.), ma non vi è garanzia che esse non passino a valle del filtro.

I filtri a pori non deformabili più noti sono:

- filtri a griglia
- filtri a cestello
- filtri a rete manuali e automatici (filtri autopulenti)

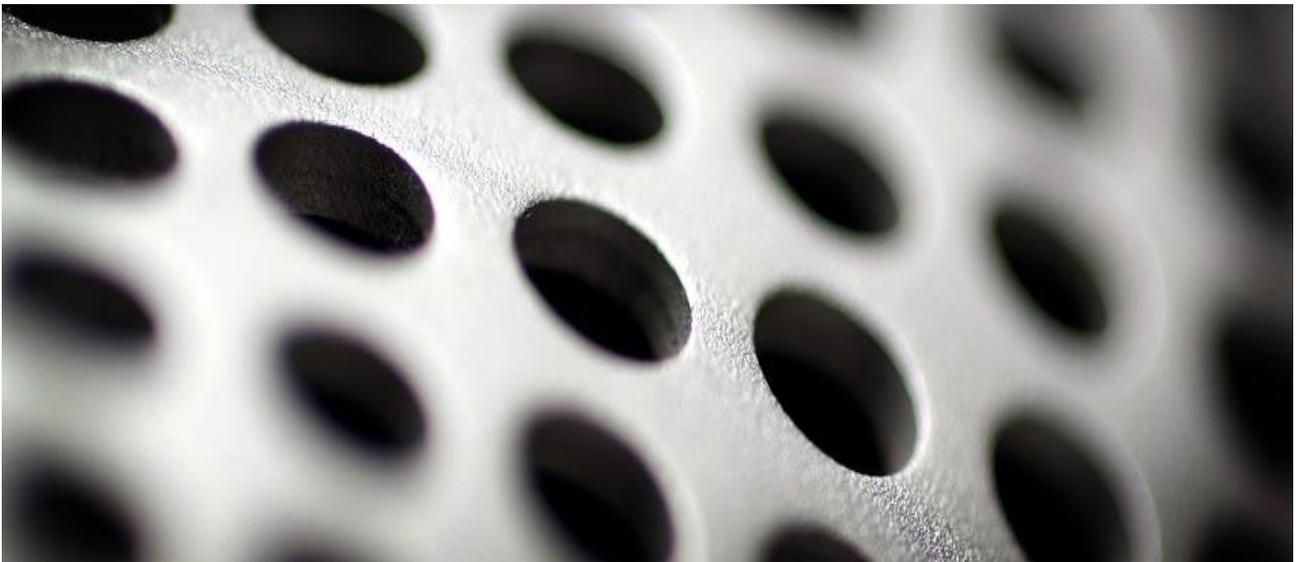
- filtri a sacco in rete di nylon
- filtri a sacco in feltro di polipropilene (polipropilene estruso)

- filtri a cartuccia in rete di nylon e filtri a cartuccia in rete di acciaio
- filtri a cartuccia in polipropilene estruso o nylon estruso (melt blown filters)
- filtri a cartuccia in polipropilene, poliestere o nylon pieghettati

- filtri a membrana (cartucce e moduli di ultrafiltrazione)



Filtri a griglia



Filtri a cestello e a rete



Filtri a cartuccia in rete di acciaio



Filtri a rete di nylon



Cartucce filtranti in polipropilene estruso



Cartucce filtranti in polipropilene, poliestere o nylon pieghettato
Cartucce a membrane pieghettate



Filtri a sacco in feltro di polipropilene e in rete di nylon

3. Classificazione dei tipi di filtri

Da quanto detto precedentemente dovrebbe risultare chiaro che il classificare i filtri in tipo “di profondità” o “di superficie”, è privo di significato. Tutti i filtri hanno uno spessore per quanto minimo e, di conseguenza, hanno una profondità.

Una classificazione più realistica è la seguente:

- a) tipo a pori deformabili, con pori le cui dimensioni aumentano con la pressione (es.: filtri a “filo avvolto” o a cartoni)
- b) tipo a pori non deformabili, con pori che non cambiano dimensioni con la pressione (sono la maggior parte dei filtri “a membrana” in polieterosulfone modello PES, le cartucce pieghettate il polipropilene modello PP, i filtri in polipropilene estrusio “melt blown” modello N, a rete di nylon RLA e a rete di poliestere modello TPL - TekBlue per citare alcuni prodotti Everblue).

Nella maggior parte dei casi un filtro a pori non deformabili ha prestazioni migliori. Esso associa a un'elevata capacità di raccolta del contaminante per unità di superficie filtrante sia un potere di ritenzione assoluto nei confronti di particelle più larghe di una data dimensione sia il minimo rilascio del contaminante precedentemente raccolto.

I filtri a pori deformabili non hanno potere di ritenzione assoluto, sono soggetti al fenomeno di rilascio di fibre del setto e in condizioni di flusso pulsante e scaricano il contaminante precedentemente trattenuto. Un confronto tra filtri a pori deformabili e filtri a pori non deformabili, sulla base della capacità di accumulo del contaminante, non è proponibile poiché il potere di ritenzione nominale con cui si qualificano i filtri a pori deformabili non ha alcuna relazione con le prestazioni in esercizio.

Al di là delle definizioni proposte per i filtri di superficie e i filtri di profondità a pori non deformabili e deformabili, il criterio di scelta pratico di un filtro deve essere dettato esclusivamente dalle prestazioni che l'esercizio impone. Pertanto si deve cercare di evitare gli inconvenienti precedentemente indicati quali scarico, canalizzazione e migrazione del setto. Si devono avere inoltre garanzie che il filtro trattenga le particelle più grandi del potere di ritenzione dichiarato dal costruttore e che sia totalmente compatibile con il fluido di processo.

Poteri di ritenzione

Al fine di qualificare le prestazioni degli elementi filtranti, sono stati definiti vari metodi per determinare i poteri di ritenzione. Sfortunatamente, a tutt'oggi, non vi è un metodo universalmente accettato allo scopo e questo ingenera confusione per l'utente. Vengono qui descritti alcuni metodi attualmente in uso.

1. Potere di ritenzione nominale

Molti costruttori di filtri, ma non Everblue, si affidano al potere di ritenzione nominale, che è stato definito dalla National Fluid Power Association (NFPA) come un valore arbitrario in micron assegnato dal Costruttore al setto filtrante, sulla base della rimozione di una certa percentuale di tutte le particelle di una determinata dimensione o maggiori”. Esso è raramente ben definito e non è riproducibile. In pratica viene introdotto a monte dell'elemento filtrante un “contaminante” e, per potere di ritenzione nominale del filtro, si intende quella dimensione tale per cui, particelle di quella dimensione, o superiori, vengono ritenute dal filtro nella misura del 98% in peso, mentre il 2% passa al valle nell'effluente.

E' importante sottolineare che questo test è di tipo gravimetrico al contrario del test di conteggio particellare. Il conteggio particellare effettuato a monte e a valle costituisce un metodo più affidabile per stabilire l'efficienza di un filtro.

I vari tentativi di classificare i filtri a pori deformabili con un potere di ritenzione nominale hanno fornito risultati inconsistenti. Infatti i problemi che si presentano nell'applicazione pratica sono i seguenti:

a) la rimozione al 98% in peso è determinata usando un contaminante specifico, ad una determinata concentrazione e per una portata prefissata. Se le condizioni di prova vengono cambiate, i risultati della prova stessa potrebbe risultare alterati significativamente

b) il 2% in peso del contaminante che passa attraverso il filtro non è definito dalle condizioni di prova. Infatti non è raro che per un filtro, ad esempio di 10 micron "nominali", passino a valle particelle anche di dimensioni varianti da 30 a 100 micron

c) i risultati delle prove, spesso non sono riproducibili, specialmente se effettuate da laboratori differenti

d) alcuni costruttori non definiscono il potere di ritenzione nominale sulla base della rimozione al 98% in peso del contaminante, ma dichiarano efficienze di rimozione al 95%, 90% o anche inferiori. Così accade spesso che un filtro Everblue con potere di ritenzione assoluto di 10 micron risulti più "stretto" di un filtro concorrente con un potere nominale di 1 micron. E' bene quindi controllare sempre con attenzione i criteri con cui sono definiti i poteri di rimozione.

e) le elevate concentrazioni di contaminante a monte usate per tali prove non sono tipiche delle usuali condizioni di lavoro ed indicano valori di efficienza elevati, ma fuorvianti. E' normale ad es., per un filtro a maglie con un dimensione (media) dei pori di 17 micron, soddisfare le specifiche di un filtro da 10 micron nominali. Però, alle concentrazioni di contaminazione normali dell'esercizio, il medesimo filtro farà passare quasi tutte le particelle da 10 micron.

Non si può pertanto affermare che un filtro con potere nominale di 10 micron possa trattenerne tutte, o quasi tutte, le particelle da 10 micron o più grandi. Inoltre, alcuni costruttori continuano ad usare soltanto il potere nominale sia perché fa sembrare i loro filtri più "stretti" di quello che sono in realtà, sia perché è impossibile definire un potere di ritenzione assoluto per i filtri a pori deformabili. La Fig. 7 confronta le prestazioni di una cartuccia a filo avvolto da 1 micron nominale con quelle di una cartuccia Everblue da 30 micron "assoluti". Il grafico mostra che l'effluente dalla cartuccia da 30 micron "assoluti" non contiene particelle più grandi di 30 micron.

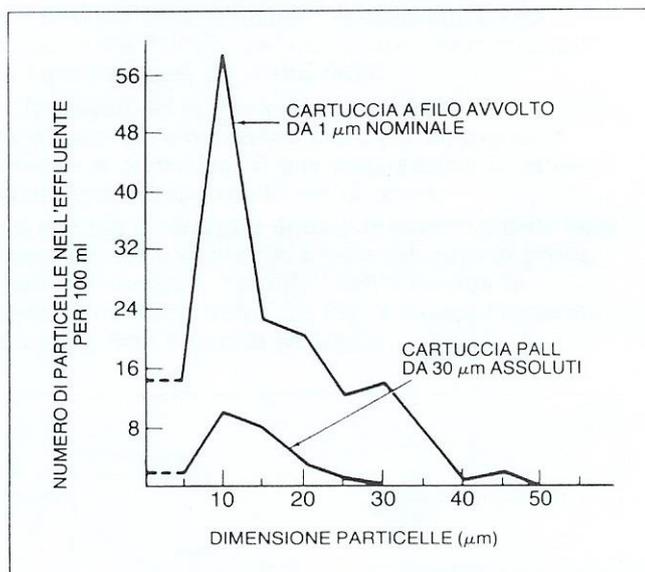


Figura 7

2. Potere di ritenzione assoluto

La NFPA definisce il potere di ritenzione assoluto come segue: “il diametro della più grande particella sferica rigida che passa attraverso un filtro in specifiche condizioni di prova”. Esso è un’indicazione del poro più grande nell’elemento filtrante. Tale potere può essere assegnato soltanto ad un setto filtrante a struttura non deformabile.

La prima prova di qualifica e la relativa terminologia per il Potere Assoluto di Filtrazione fu proposta nella metà degli anni '50. Essa è stata presa in esame e successivamente adottata, con piccole modifiche, dal Filter Panel del SAE Committee A-6.

Un punto che confonde spesso gli utilizzatori dei filtri a potere di ritenzione assoluto è che nella misurazione della contaminazione a valle vengono invariabilmente trovati contaminanti più grandi della dimensione dei pori dichiarata per il setto filtrante. A prima vista ciò sembrerebbe gettare dubbi sul vero concetto di potere di ritenzione “assoluto”. Si consideri però che è impossibile prelevare campioni di effluenti, trasferirli, condurre la prova, oppure lavare un filtro di nuova costruzione, senza aggiungere contaminanti.

Anche un filtro nuovo può contaminarsi quando viene tolto dal suo involucro! Tutto questo è chiamato “contaminazione di fondo” e, prima di effettuare qualsiasi test, un laboratorio di provata esperienza dovrà determinare l’ammontare di tale contaminazione nel componente e nell’apparecchiatura di prova. Quest’ultima verrà invalidata se il valore della contaminazione di fondo risulterà al di sopra di determinati limiti.

Vi sono diverse prove, riconosciute, per stabilire il potere di ritenzione assoluto di un filtro. Quale di queste usare dipende dal Costruttore e dal tipo di setto filtrante da sottoporre alla prova e, qualche volta, dal processo cui il filtro è destinato. In gergo tali prove vengono definite “challenge”: esse consistono nel far passare una sospensione di contaminante riconosciuto (sfere di vetro o batteri) attraverso il filtro e nell’esaminare il contaminante stesso a monte ed a valle. Tali “challenge” sono prove di tipo distruttivo, cioè il filtro sottoposto alla “challenge” non può essere utilizzato nel processo. Al fine di garantire le prestazioni del filtro in esercizio, senza ricorrere a test distruttivi, viene utilizzato un test di integrità, di tipo non distruttivo. Tale test deve essere naturalmente correlabile con la “challenge” distruttiva che fissa le prestazioni del filtro. Il test di integrità viene condotto prima della messa in esercizio del filtro e garantisce l’utilizzatore in quanto a prestazioni.

3. Test con sfere in vetro

Un metodo per determinare il potere di ritenzione assoluto di un filtro è la “challenge” con sfere di vetro, rappresentato in Fig. 8.

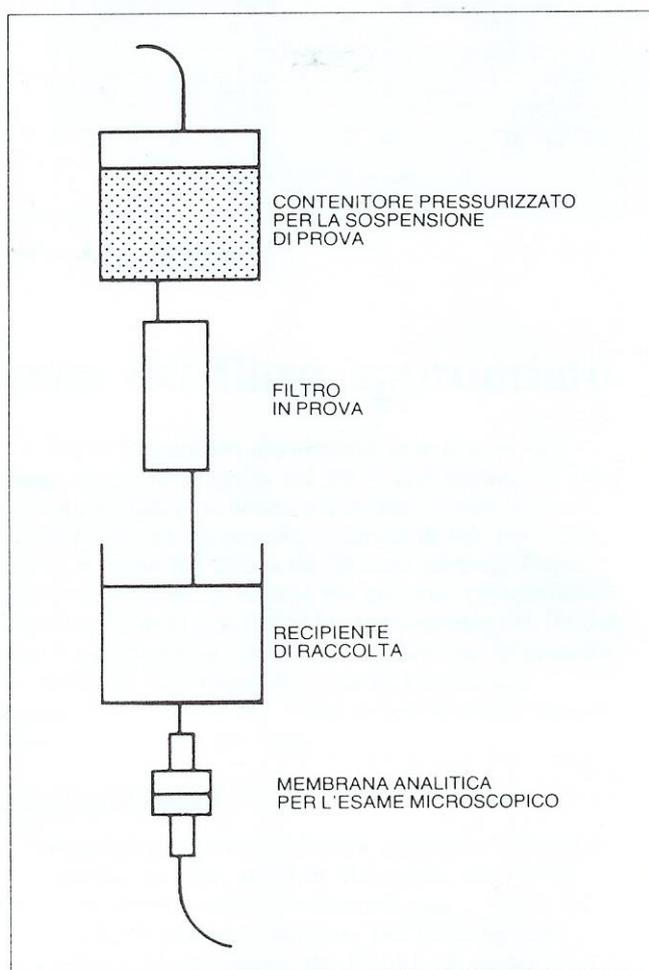


Figura 8

Attraverso il filtro viene fatta passare una sospensione di sfere di vetro (tutte contenute entro una determinata gamma dimensionale) raccolta quindi a valle su una membrana analitica. Vengono usate le sfere di vetro perché la loro forma le rende facilmente differenziabili dalla contaminazione di fondo che potrebbe generarsi durante la prova. Le sfere passate a valle del filtro vengono poi esaminate al microscopio per individuare e misurare quella di dimensioni maggiori: questa indicherà il potere di ritenzione assoluto del filtro.

4. Metodo del rapporto Beta

Nonostante la definizione di potere di ritenzione assoluto sia sicuramente più attendibile di quella di potere di ritenzione nominale, recentemente è stato sviluppato un ulteriore metodo per esprimere l'efficienza di ritenzione dei setti filtranti: il Rapporto Beta (Beta Ratio).

Il rapporto Beta è determinato secondo il "Metodo di prova OSU F-2" dell'Università di Stato dell'Oklahoma. La prova, originariamente sviluppata per i filtri per fluidi idraulici e lubrificanti, è stata adottata dalla Everblue per qualificare i filtri utilizzati con liquidi acquosi, oli o altri fluidi.

Il metodo del rapporto Beta è semplice concettualmente e può essere usato per misurare e prevedere le prestazioni di una vasta gamma di cartucce filtranti in specifiche condizioni di prova.

Se si effettua il conteggio di tutte le particelle nelle varie dimensioni, sia a monte che a valle del filtro in prova, si può determinare il "profilo" dell'efficienza di ritenzione del filtro stesso. La Fig. 9 mostra l'apparato per un test Beta a singolo passaggio.

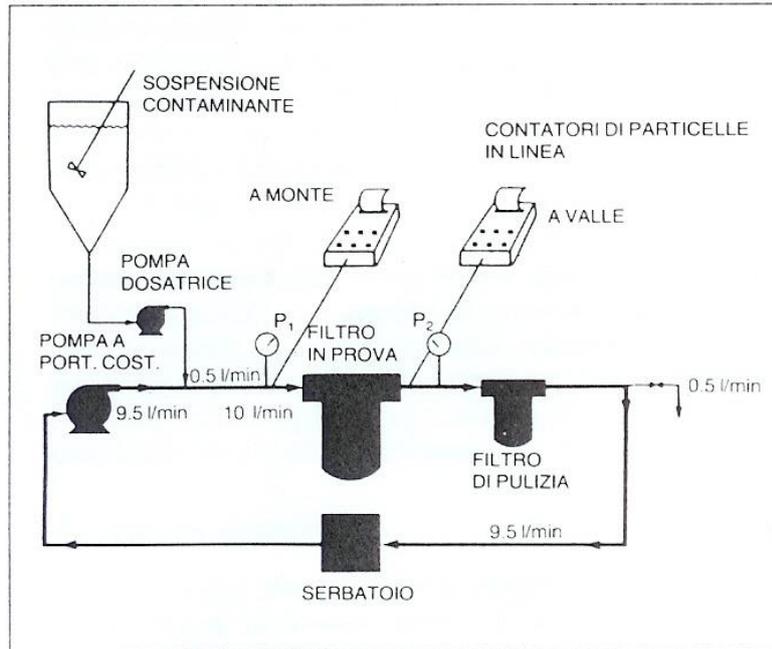


Figura 9

Il valore Beta è definito come:

$$\text{Beta} = \frac{\text{N}^\circ \text{ particelle di una data dimensione o superiori nell'affluente}}{\text{N}^\circ \text{ particelle di una data dimensione o superiori nell'effluente}}$$

L'efficienza di rimozione percentuale per una determinata dimensione delle particelle viene espressa in funzione del relativo valore Beta, con:

$$\text{Efficienza di rimozione (\%)} = \frac{\text{Beta} - 1}{\text{Beta}} \times 100$$

La relazione tra il valore Beta e l'efficienza di rimozione percentuale è rappresentata anche dalla tabella sottostante (da questa e dalla formula appare che l'efficienza di rimozione tende al 100% per Beta tendente all'infinito):

Beta	Rimozione %
1	0
2	50
10	90
100	99
1000	99,9
10000	99,99
100000	99,999

Di solito un valore Beta compreso tra 5.000 e 10.000 può essere assunto per definire un potere di ritenzione assoluto.

Il metodo del rapporto Beta consente un chiaro confronto dell'efficienza di rimozione della stessa cartuccia con particelle di diametro diverso, ed a pari diametro, per differenti cartucce filtranti. La Fig. 10 mostra le tipiche curve Beta per tre differenti elementi filtranti.

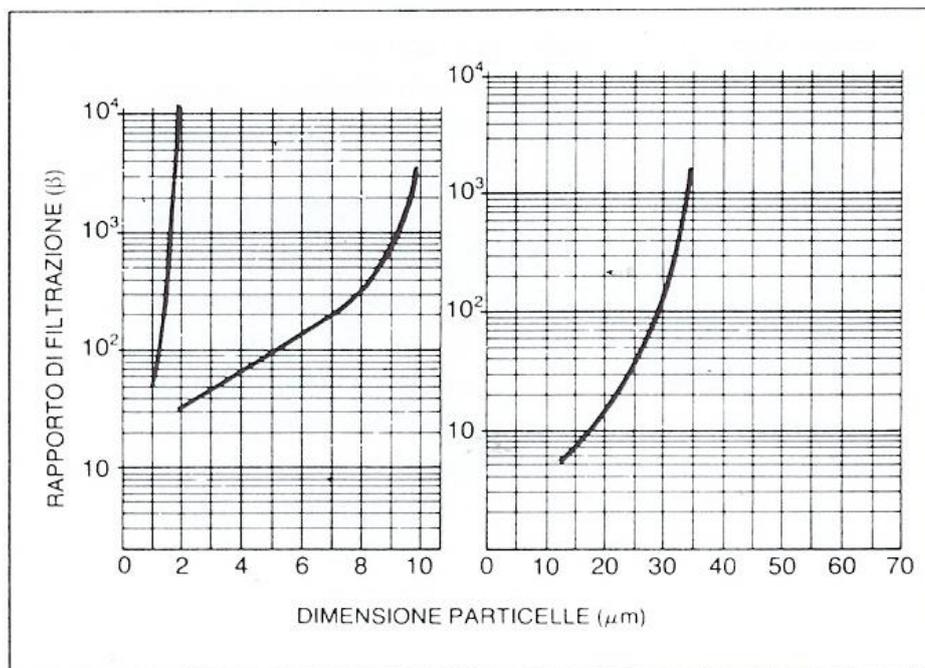


Figura 10

Scelta del filtro appropriato

I fattori importanti che devono essere presi in considerazione nella scelta del filtro appropriato ad ogni specifica applicazione sono: grandezza, forma e natura delle particelle da rimuovere, quantità di tali particelle, natura e volume del fluido da filtrare, portata, flusso costante o pulsante, pressione del sistema, compatibilità del mezzo filtrante con il fluido, temperatura del fluido stesso e sue proprietà, spazio disponibile per la raccolta delle particelle ed, infine, il grado di filtrazione richiesto. Esaminiamo ora come alcuni di questi fattori influenzino la scelta del filtro.

1. Natura del fluido

I materiali di costruzione del setto filtrante e del contenitore devono essere compatibili con il fluido da filtrare. I fluidi possono attaccare tali materiali con conseguente contaminazione del filtrato. È quindi essenziale conoscere se il fluido è acido, alcalino, acquoso, se è un olio o un solvente, etc.

2. Portata

La portata (espressa in unità di volume per unità di tempo, es.: l/s, ml/min, l/h o galloni/min) è correlabile a due parametri: pressione (P) e resistenza (R). La portata è direttamente proporzionale alla pressione ed inversamente alla resistenza. Cioè, a pari resistenza, maggiore è la pressione più elevata è la portata. A pari pressione, più bassa è la resistenza più elevata è la portata.

Le sorgenti di pressione possono essere diverse. In ogni caso la pressione è espressa solitamente in bar, in Kilo Pascal (1kPa) o in libbre per pollice quadrato (psi).

La viscosità è la resistenza che le molecole di un fluido incontrano nello scorrere le une sulle altre: in altre parole, essa rappresenta la resistenza al moto del fluido su se stesso. Acqua, etere ed alcool hanno bassa viscosità; oli pesanti e sciroppi hanno alta viscosità. La viscosità influisce direttamente sulla resistenza. Ferme restando tutte le altre condizioni, raddoppiando la viscosità del fluido si raddoppia la resistenza al flusso in un sistema filtrante. Di conseguenza, un aumento della viscosità presuppone un aumento della pressione per mantenere costante la portata. L'unità di misura correntemente usata per la viscosità di un fluido è il Centipoise (cP), unità relativa che misura la viscosità del fluido rispetto a quella dell'acqua (per definizione 1 cP a 21° C).

3. Temperatura

La temperatura cui la filtrazione viene effettuata influenza sia la viscosità del fluido che i fenomeni di compatibilità del setto filtrante e, non ultimo, quelli di corrosione del contenitore. I fluidi diminuiscono la viscosità con l'aumentare della temperatura. Se un fluido è troppo viscoso alla temperatura di filtrazione può essere consigliabile preriscaldarlo installando camicie riscaldanti sul filtro stesso. È importante quindi tener presente la viscosità del fluido alla effettiva temperatura di filtrazione.

L'elevata temperatura può accelerare i fenomeni di corrosione e diminuire la resistenza delle guarnizioni e delle tenute dei contenitori. Molto spesso le cartucce filtranti a perdere, costituite di materiali polimerici, non sono in grado di resistere ad alte temperature, in specie per periodi prolungati. Per questa ragione si deve spesso ricorrere a filtri in metallo poroso quando si opera in condizioni di elevate temperature.

4. Perdita di carico

Un mezzo filtrante, che si oppone al moto di un fluido che lo attraversa, genera una resistenza e quindi una caduta di pressione, o perdita di carico, fra monte e valle del mezzo stesso. Tale perdita di carico è anche chiamata pressione differenziale o Delta p. A quella del mezzo filtrante si sommano le perdite di carico dovute a tubazioni, valvole, etc.

La perdita di carico a filtro nuovo è dovuta al contenitore, alla struttura della cartuccia ed al setto filtrante. Per un fluido di data viscosità, più piccolo è il diametro dei pori del setto filtrante, maggiore sarà la perdita di carico. Maggiore è la resistenza offerta da un filtro al flusso del fluido maggiore sarà la pressione differenziale a portata costante. Poiché il flusso scorre sempre nel verso della pressione decrescente, è appunto la pressione differenziale che provoca il flusso del fluido attraverso il filtro, superandone la resistenza.

Fin qui si è tacitamente convenuto che il fluido fosse completamente libero da contaminazione particellare. L'impiego di un filtro, peraltro, presuppone la presenza di particelle che saranno fermate ed occluderanno parzialmente i pori del setto filtrante, causando così un aumento di resistenza al flusso e un conseguente aumento del Δp . Nell'uso di un filtro è necessario, quindi, disporre di un'adeguata pressione a monte non solo per superare la resistenza del filtro pulito, ma anche per consentire un'adeguata portata al progressivo intasarsi del filtro, in maniera da sfruttarne in pieno il potere di accumulo del contaminante.

Se la perdita di carico del filtro pulito è molto elevata in relazione alla pressione disponibile a monte, già all'inizio della filtrazione la portata potrebbe essere inaccettabile, destinata inoltre a peggiorare molto rapidamente con un intasamento anche parziale del setto. In questo caso le soluzioni alternative sono due: aumentare convenientemente la pressione di mandata della pompa o ridurre le perdite di carico aumentando la superficie filtrante.

Per fare un esempio, le cartucce filtranti mostrano un andamento esponenziale della perdita di carico in funzione dell'accumulo del contaminante, come indicato in Fig. 11. Normalmente la vita operativa del filtro si ritiene esaurita prima del "ginocchio" della curva, cioè prima che la curva si impenni rapidamente. Di conseguenza la pressione disponibile nel sistema deve essere sufficiente almeno a compensare la perdita di carico vicino al "ginocchio" della curva per raggiungere la vita desiderata d'esercizio.

La massima perdita di carico ammissibile su una cartuccia è fissata dal costruttore e rappresenta il valore massimo oltre il quale la cartuccia collassa.

Nella scelta della sorgente di pressione si deve quindi tener conto della resistenza globale del sistema, costituita da una componente costante (contenitore, tubazioni e struttura della cartuccia) e da una componente variabile (setto filtrante e strato di contaminante che si va accumulando su di esso).

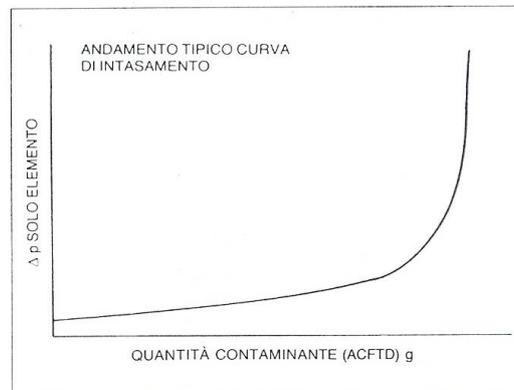


Figura 11

Poiché il processo di filtrazione è a flusso costante, si verificherà un aumento della perdita di carico, costituito da una componente costante e da una componente ad incremento variabile. La perdita di carico dovuta alla componente variabile può diventare così ampia da causare l'occlusione del filtro e impedire il passaggio del fluido, o il danneggiamento del setto filtrante. Pertanto deve essere prevista una perdita di carico adeguata, da poter far fronte alle due componenti almeno sino all'occlusione del filtro.

Se esiste a valle una contropressione, ad esempio un battente di liquido, la sorgente di pressione deve tener conto anche di questa resistenza. In tali casi deve essere installata a valle del filtro una valvola di non ritorno per impedire il danneggiamento della cartuccia filtrante.

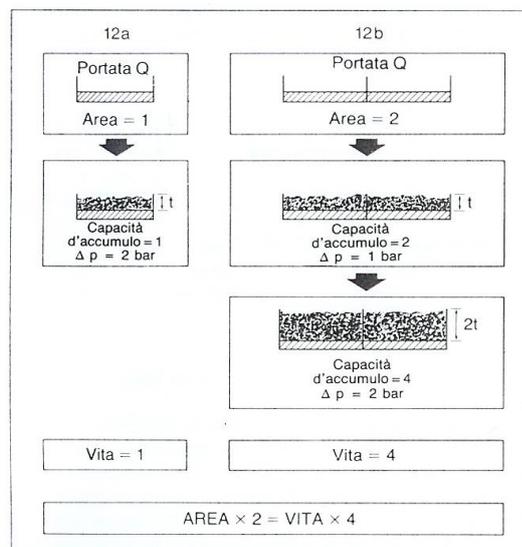
Come detto in precedenza, la perdita di carico ai capi del filtro può essere diminuita incrementando la sua superficie filtrante. Questa è normalmente una soluzione economica nella filtrazione di processo, come si vedrà nel paragrafo successivo.

5. Superficie filtrante

Risulta evidente, da quanto detto sopra sulle perdite di carico, che la vita utile del filtro è in relazione con il suo potere di accumulo del contaminante, definito nel glossario NFPA come “il peso di un contaminante artificiale determinato che deve essere aggiunto all’affluente per produrre una pressione differenziale prefissata ai capi del filtro in specifiche condizioni”. Anche se il potere di accumulo può essere misurato usando qualsiasi contaminante, purché riproducibile, per ragioni di confronto ci si riferisce all’A.C. Fine Test Dust (ACFTD). La perdita di carico totale in un filtro a cartuccia è la somma delle perdite di carico del contenitore, del mezzo filtrante e del nucleo della cartuccia. Per semplicità, l’ACFTD non tiene conto delle perdite di carico sul contenitore e sul nucleo della cartuccia (componenti a resistenza costante) e tiene conto solo dei componenti a resistenza variabile.

La vita in esercizio della maggior parte dei filtri tipo setaccio, o a pori non deformabili, risulta considerevolmente incrementata con l’aumento della superficie filtrante: infatti il rapporto dei valori della vita in esercizio può essere addirittura più grande del quadrato del rapporto delle due superfici utilizzate.

Per capire come ciò avvenga si considerino i due filtri di Fig. 12 utilizzando il medesimo setto filtrante (pertanto soggetti allo stesso limite di perdita di carico massima) e che processano lo stesso fluido, con la medesima portata.



Effetto accumulo contaminante nel filtro. Vantaggio dell'uso di ampie superfici filtranti

Figura 12

Il primo filtro (Fig. 12a) ha una superficie di 1 metro quadrato e raccoglie una torta di spessore t dopo un determinato periodo di tempo. Ammettiamo che a questo istante la perdita di carico sia aumentata sino al limite massimo di 2 bar e che, in questa situazione, la vita utile d’esercizio del filtro si consideri finita.

Consideriamo adesso il filtro con area doppia (Fig. 12b) e calcoliamone la vita utile. Con la medesima portata, questo filtro raccoglie, con una torta dello stesso spessore t , un quantitativo di contaminante doppio del precedente. La sua vita utile d’esercizio non è però finita perché, con questo spessore t , la perdita di carico è di solo 1 bar. Il filtro raggiungerà la perdita di carico limite di 2 bar quando sarà raggiunto uno spessore della

torta di $2t$, cioè quando il contaminante raccolto sarà quattro volte quello raccolto sul primo filtro. Pertanto raddoppiando l'area si quadruplica la vita in esercizio.

Il vantaggio di optare per un filtro di grande superficie può essere espresso come segue:

Sia T il volume totale del filtrato per un filtro di area generica A

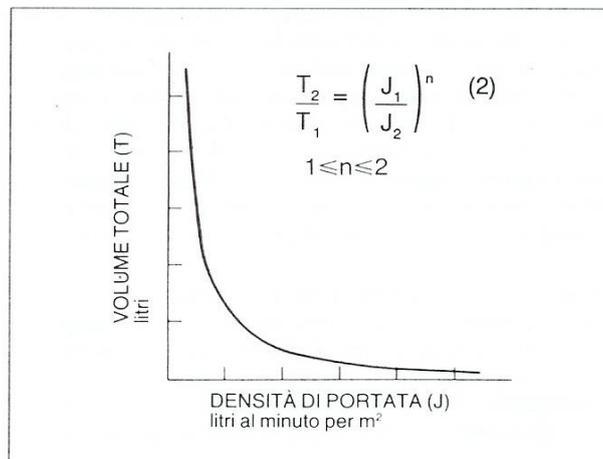
$$\text{allora} \quad T_1 = T_2 \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^n \quad (1)$$

dove n è compreso tra 1 e 2.

Questa relazione è espressa graficamente in Fig. 13.

Infatti la curva indica che quando la densità di portata J (litri al minuto per metro quadrato) diminuisce, il volume totale del filtrato aumenta.

Se, nel confronto tra i due filtri si fa l'ipotesi di una portata costante (litri al minuto), allora il rapporto delle densità di portata (litri al minuto per metro quadrato) si semplifica per diventare il rapporto inverso delle aree: quindi la formula (2) coincide con la (1).



Volume del filtrato in funzione della densità di portata

Figura 13

Il volume totale del filtrato definisce la vita utile d'esercizio del filtro ed un suo aumento corrisponde ad un proporzionale aumento della vita. Il fattore di allungamento della vita (n) tenderà a 2 purché:

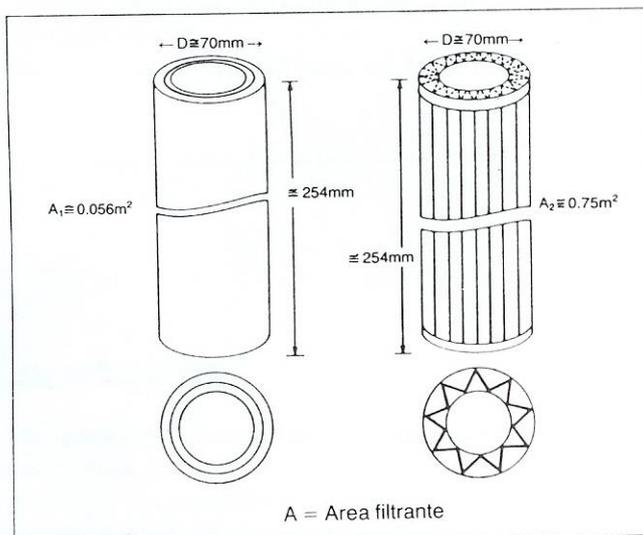
- la torta del filtro non sia comprimibile. Se lo fosse, n tenderà ad essere più vicino ad 1
- la torta raccolta non divenga un filtro più fine del filtro stesso. Quanto più la torta agisce da filtro più fine del filtro stesso, tanto più n tenderà ad avvicinarsi ad 1
- i solidi raccolti siano relativamente uniformi in diametro.

Da quanto sopra è chiaro che un aumento della superficie frutterà al minimo un aumento proporzionale nella vita utile. In circostanze favorevoli il rapporto di vita utile può avvicinarsi al quadrato del rapporto delle aree. Ne consegue che in molti, se non nella maggior parte dei casi, l'utilizzatore del filtro risparmierà a lungo termine sui costi di filtrazione, pur pagando un costo iniziale più alto per un filtro di superficie maggiore.

Quando si aumenta la superficie filtrante è necessario prevedere un contenitore più grande.

Ovviamente esistono limiti pratici alla dimensione dei contenitori.

Per questa ragione Everblue usa strutture pieghettate per la maggior parte delle cartucce al fine di realizzare ampie superfici filtranti in piccole dimensioni, in modo da mantenere minimi la dimensione del contenitore ed il suo costo. La Fig. 14 è una rappresentazione schematica di una cartuccia a struttura pieghettata. La figura mostra come, con identiche dimensioni di involucro (70X254 mm), il modello pieghettato fornisca una superficie 13 volte superiore



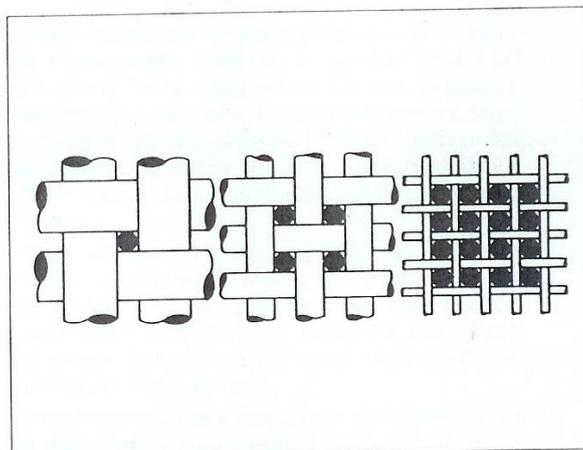
Rappresentazione schematica di una cartuccia pieghettata

Figura 14

Dove non è possibile l'uso di strutture pieghettate, l'adozione di opportuni prefiltri può garantire la vita utile d'esercizio richiesta.

6 Volume vuoto

Il volume vuoto, ovvero l'area aperta di un setto filtrante, è sempre di grande importanza. Fermi restando tutti gli altri fattori, un setto con il volume vuoto superiore è preferibile perché darà luogo ad una più lunga vita utile e ad una minore perdita di carico per unità di spessore a filtro pulito. La fig. 15 illustra la relazione tra il volume vuoto ed il diametro della fibra.



Volume vuoto e diametro fibra a dimensioni di pori costante

Figura 15

Al diminuire del diametro delle fibre corrisponde un aumento del volume vuoto, così da garantire una dimensione dei pori costante.

Altri fattori però devono essere considerati nella valutazione di un filtro per una specifica applicazione: essi sono la robustezza, la comprimibilità alla pressione applicata (potrebbe ridurre il volume vuoto) la compatibilità con il fluido da filtrare, il costo, etc.

7 Grado di filtrazione

La scelta del filtro per una determinata applicazione deve garantire la rimozione del contaminante nella misura richiesta dal processo. Una volta che sia stata precisata la dimensione dei contaminanti da rimuovere, si può procedere alla scelta del filtro opportuno.

Scegliere un filtro con dimensioni dei pori più fine di quella richiesta potrebbe essere un errore: i filtri più stretti si intasano prima.

Premesso che i filtri devono trattenere le particelle rimosse dal fluido, si deve tendere ad evitare l'uso di quei tipi – a struttura deformabile - che possono, sotto l'azione della pressione, subire un allargamento dei pori, con conseguenti fenomeni di scarico. I filtri a pori non deformabili non presentano questo inconveniente e danno inoltre maggiori garanzie anche sotto il profilo della resistenza meccanica ad eventuali “stress” di pressione cui possono essere sottoposti in esercizio.

Ad esempio, quando la pressione del sistema aumenta per conformarsi al flusso a causa del progressivo aumento dello strato di torta, un filtro del tipo a rete deve aver maglie stabili onde evitare la variazione della dimensione dei pori e, tantomeno, le stesse non devono lacerarsi sotto l'effetto della pressione.

Quando si rende necessario un supporto per i filtri con membrana sottile, bisogna porre attenzione alle caratteristiche del materiale di supporto scelto. Un materiale di supporto non adeguato può reagire con il fluido, opporre resistenza al passaggio del flusso e causare una riduzione della vita in esercizio.

8 Prefiltrazione

Lo scopo della prefiltrazione è di ridurre il costo globale di esercizio aumentando la vita utile del filtro finale. Questo però, può non essere di per sé stesso sufficiente a giustificare la prefiltrazione: la riduzione del costo globale è, di solito, l'obiettivo principale.

Anni di esperienza Everblue possono dimostrare che in molte applicazioni si sono avuti migliori risultati aumentando l'area del filtro finale, piuttosto che impiegando prefiltri. Dal paragrafo 5 appare chiaro che l'incremento dell'area filtrante corrisponde ad un aumento del ciclo di filtrazione e ad una riduzione dei costi di esercizio. Raddoppiando l'area del filtro finale si può ottenere una vita utile d'esercizio da 2 a 4 volte superiore. Poiché con la prefiltrazione la vita del filtro finale viene aumentata tipicamente da 1,5 a 2 volte e difficilmente a 4 volte, si può constatare che, aumentando la superficie filtrante, generalmente si ottengono migliori risultati. Questa soluzione comporta, una riduzione dei costi, minor manodopera, minor consumo d'energia e una perdita di carico inferiore. Il costo è inferiore sia perché viene utilizzato un solo contenitore al posto di due, sia perché l'installazione di un filtro con maggior area filtrante ha una vita in esercizio proporzionalmente più lunga rispetto all'incremento delle superfici. La perdita di carico a filtro pulito viene ridotta grazie all'aumento dell'area filtrante, al contrario di quanto avviene con il prefiltro che incrementa i valori della differenza di pressione.

Sempre grazie alla riduzione della differenza di pressione si ottiene un risparmio energetico.

Inoltre, l'incremento dell'area del filtro finale comporta sempre un aumento proporzionale, spesso anche esponenziale, della vita in esercizio mentre la prefiltrazione, nella

maggioranza dei casi, comporta diverse prove in esercizio, le quali non sempre hanno esito positivo, lo stesso può non essere attendibile poiché la natura del contaminante da filtrare si modifica nel tempo.

Se la soluzione dell'aumento dell'area filtrante non può essere perseguita e l'impiego del prefiltro, quindi, è la scelta obbligata, Everblue propone l'adozione di prefiltri con setti anche multistrato ed a porosità decrescente. Tipici esempi di prefiltri sono i setti in polipropilene di profondità tipo N85F, N95F, N95.

Non bisogna cadere nell'errore di ritenere che un filtro finale debba essere sempre preceduto da un prefiltro con uguale numero di cartucce. Usando nel prefiltro un numero di cartucce maggiore che nel filtro finale, si ottiene spesso una sostanziale riduzione dei costi generali. Se, per esempio, il tipo di servizio è tale che i prefiltri vengono lasciati in sede fino all'intasamento, l'uso di un numero doppio di cartucce può prolungare la vita utile, come già si è visto, oltre il doppio, talvolta da 4 a 5 volte: il che si traduce in una riduzione dei costi di esercizio, dal momento che viene trattata una maggior quantità di fluido per unità di superficie.

Conclusioni

In questo manuale sono stati illustrati i principi della filtrazione. Esaminando i tre meccanismi di filtrazione, per cui i solidi sospesi vengono separati dai fluidi, si è giunti alla conclusione che l'intercettazione diretta è il meccanismo più idoneo per separare le particelle dai liquidi, mentre l'impatto inerziale e l'intercettazione per diffusione sono i più efficaci nella filtrazione dei gas. Al fine di accrescere l'efficacia di separazione del filtro, è possibile manipolare il sistema particelle/liquido/setto filtrante e sono state descritte tre di queste tecniche. Per cercare di chiarire i dubbi sulla classificazione dei setti filtranti, abbiamo paragonato e messo in evidenza i tipi a pori deformabili e quelli a pori non deformabili e abbiamo chiarito il perché queste classificazioni sono più significative di una semplice distinzione tra filtri di profondità e filtri di superficie. Dopo aver caratterizzato i vari tipi di filtri presenti oggi sul mercato, è stato necessario esaminare la loro efficacia di rimozione. A tale scopo sono stati analizzati i tre sistemi per definire il potere di rimozione: il potere nominale, il potere assoluto ed il rapporto Beta. Infine, abbiamo considerato i più importanti fattori di cui l'utilizzatore di filtri deve tener conto nell'operare la scelta del filtro appropriato.



Via Alberto Zanrè, 16 – Loc. Gotra - 43051 Albareto (PR)

Contatti: +39 0525 1920100 – info@everblue.it – www.everblue.it